

## **PENGARUH VISKOSITAS ASPAL DAN DAMPAKNYA TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL**

**Novita Lucia Senduk**

**Oscar H. Kaseke, Theo K. Sendow**

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email : [senduk\\_novita@yahoo.com](mailto:senduk_novita@yahoo.com)

### **ABSTRAK**

*Campuran beraspal panas (hotmix) adalah campuran dari agregat dan aspal yang dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas. Tujuan dari pemanasan aspal adalah untuk menurunkan kekentalan (viskositas) sehingga mudah untuk dicampurkan dengan material lain (workabilitas tinggi). Viskositas aspal berhubungan dengan temperatur pemanasan; pada temperatur rendah viskositas tinggi sedangkan pada temperatur tinggi viskositas rendah. Viskositas merupakan salah satu faktor penting dalam pelaksanaan campuran, dan mempengaruhi karakteristik Marshall. Pengaruh viskositas terhadap karakteristik Marshall inilah yang akan menjadi topik penelitian.*

*Penelitian ini menggunakan material dari dua lokasi yaitu Lolan dan Tateli dan menggunakan aspal pertamina penetrasi 60/70. Penelitian dimulai dengan pemeriksaan fisik terhadap material dan aspal yang akan digunakan berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 2012, termasuk dengan pemeriksaan viskositas aspal dengan alat Saybolt Furol. Berdasarkan gradasi agregat yang didapat, dibuat komposisi agregat terbaik dan kadar aspal terbaik untuk campuran ideal. Selanjutnya dibuat masing-masing 3 benda uji berdasarkan campuran ideal dengan variasi viskositas aspal dan diuji Marshall untuk mendapatkan kadar aspal terbaik. Berdasarkan kadar aspal terbaik, dibuat benda uji dengan variasi viskositas aspal yang kemudian diuji, diperiksa dan didapatkan hasil uji Marshall dari masing-masing benda uji.*

*Dengan variasi pemanasan aspal yaitu antara 1200C-2000C yang menghasilkan nilai viskositas aspal antara 41,40cSt-170,00cSt diperoleh hasil uji Marshall; dimana nilai stabilitas, flow, dan VFB cenderung meningkat seiring berkurangnya viskositas aspal sedangkan nilai MQ, VIM, dan VMA cenderung turun seiring berkurangnya viskositas. Pada viskositas 170cSt (temperatur 1500C) merupakan titik dimana semua karakteristik Marshall mencapai titik maksimum dan menghasilkan benda uji yang bermutu baik.*

*Dapat disimpulkan bahwa batasan viskositas pencampuran yang baik berada pada rentang 41,40cSt-170,00cSt (temperatur 120<sup>0</sup>C-200<sup>0</sup>C) dengan suhu pemadatan 5<sup>0</sup>C dibawah suhu pencampuran. Disarankan untuk sesegera mungkin mencampur dan memadatkan benda uji jika temperatur yang menghasilkan viskositas yang baik telah tercapai.*

*Kata kunci: viskositas, temperatur, workabilitas, karakteristik Marshall*

### **PENDAHULUAN**

Campuran beraspal panas adalah campuran antara aspal sebagai bahan pengikat dengan agregat sebagai bahan pengisi; yang dicampurkan, dihamparkan dan dipadatkan harus dalam keadaan panas. Karena dicampur dalam keadaan panas maka seringkali disebut sebagai *hot mix*. Tujuan dari pemanasan agregat adalah untuk mengeringkan agregat agar kadar airnya menjadi nol (kering oven) dan tujuan dari pemanasan aspal adalah untuk menurunkan kekentalan (viskositas) sehingga workabilitasnya meningkat.

Viskositas adalah sifat kekentalan dari material aspal yang merupakan salah satu faktor penting dalam pelaksanaan perencanaan campuran. Viskositas aspal berhubungan dengan temperatur dari pemanasan aspal tersebut. Pada temperatur ruangan ( $\pm 25^{\circ}\text{C}$ ) viskositas aspal relatif tinggi dan sulit untuk dicampur dengan material lain, dengan kata lain tingkat workabilitasnya rendah. Itu sebabnya aspal perlu dipanaskan untuk meningkatkan atau menurunkan kekentalannya supaya mudah dicampur dengan material lain, namun temperatur pemanasan aspal harus dibatasi agar tidak mencapai titik nyala dan titik bakar.

Sampai saat ini Metode *Marshall* masih bisa diterima secara luas untuk mengukur dan menguji mutu atau *performance* dari campuran beraspal panas. Parameter-parameter yang diperoleh dari pengujian *Marshall* meliputi: stabilitas, *flow*, *Void in Mix* (VIM), *Void in Mineral Aggregate* (VMA), *Void Filled by Bitumen* (VFB), dan *Marshall Quotient* (MQ). Dalam campuran beraspal panas, kekentalan atau viskositas aspal pada saat pencampuran, penghamparan, dan pemadatan kemungkinan mempengaruhi karakteristik *Marshall*, itu sebabnya dalam penelitian ini akan diangkat permasalahan hubungan antara pemanasan dan viskositas aspal untuk dikaji lebih lanjut terhadap karakteristik *Marshall*.

## LANDASAN TEORI

### Viskositas Aspal

Sifat kekentalan material aspal merupakan salah satu faktor penting dalam pelaksanaan perencanaan campuran maupun dalam pelaksanaan di lapangan. Disini hubungan antara kekentalan dan temperatur memegang peranan penting.

Sebelum dilakukan perencanaan campuran, biasanya kekentalan material aspal harus ditentukan dulu karena bila tidak akan mempengaruhi sifat campuran aspal itu selanjutnya. Misalnya pada temperatur campuran tertentu, apabila viskositasnya terlalu tinggi, maka akan menyulitkan dalam pelaksanaan campuran. Sebaliknya pada temperatur tersebut, apabila viskositasnya terlalu rendah, maka aspal tersebut menjadi kurang berperan sebagai bahan perekat pada campuran dan ini akan mengurangi stabilitas campuran.

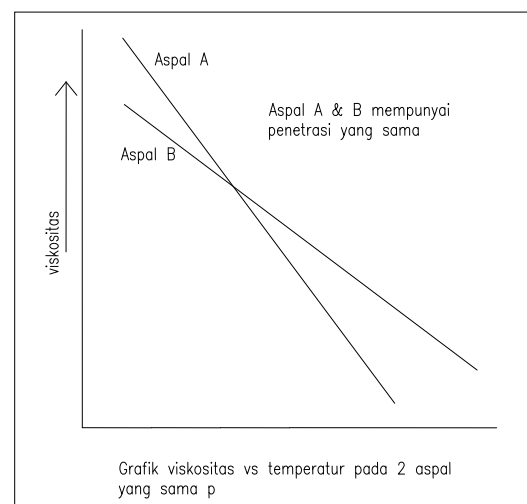
Tingkatan material aspal yang digunakan tergantung pada kekentalannya. Kekentalan aspal sangat bervariasi terhadap temperatur, dari tingkatan padat, encer sampai tingkat cair. Hubungan antara kekentalan dan temperatur adalah sangat penting dalam perencanaan penggunaan material aspal. Kekentalan akan berkurang (dalam hal ini aspal menjadi lebih encer) ketika temperatur meningkat. Kekentalan absolut atau kekentalan dinamik dinyatakan dalam satuan Pa detik atau *poises* ( $1 \text{ poises} = 0,1 \text{ Pa detik}$ ). Viskositas kinematik dinyatakan dalam satuan  $\text{cm}^2/\text{detik}$  dan *stokes* atau *centistokes* ( $1 \text{ stokes} = 100 \text{ centistokes} = 1 \text{ cm}^2/\text{detik}$ ). Karena kekentalan kinematik sama dengan kekentalan absolut dibagi dengan berat jenis (kira-kira 1

$\text{cm}^2/\text{detik}$  untuk aspal), kekentalan absolut dan kekentalan kinematik mempunyai harga yang relatif sama apabila kedua-duanya dinyatakan masing-masing dalam *poises* dan *stokes*.

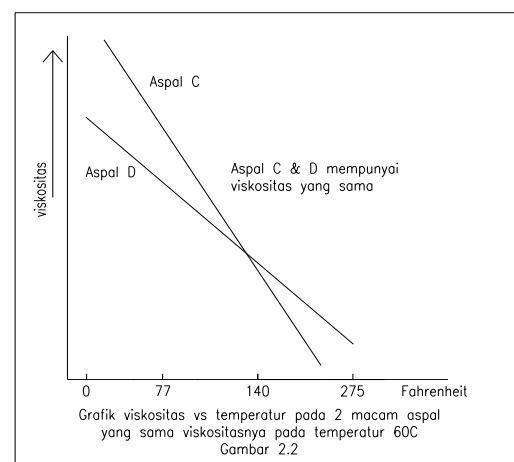
### Hubungan Temperatur dan Viskositas Aspal

Aspal adalah material yang termoplastis atau peka terhadap temperatur, berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah. Kepekaan terhadap temperatur dari setiap hasil produksi aspal berbeda-beda tergantung dari asalnya.

Pada Gambar 1. ini terdapat dua kelompok aspal dengan nilai penetrasi yang sama pada temperatur  $77^{\circ}\text{F}$  atau  $25^{\circ}\text{C}$ , tetapi tidak berasal dari sumber yang sama.



Gambar 1. Grafik Viskositas vs Dua Macam Aspal dengan Nilai Penetrasi yang Sama



Gambar 2. Grafik Viskositas vs Temperatur pada Dua Macam Aspal yang Sama Viskositasnya

Pada temperatur selain 25°C viskositas dari kedua aspal tersebut berbeda. Hal ini disebabkan karena kepekaan terhadap temperaturnya berbeda. Pada Gambar 2. terlihat dua kelompok aspal dengan nilai viskositas yang sama pada temperatur 140°F atau 60°C, tetapi berbeda pada temperatur yang lain. Dengan diketahuinya kepekaan terhadap temperatur dapatlah ditentukan pada temperatur mana sebaiknya campuran dipadatkan sehingga menghasilkan hasil yang baik.

Pada Gambar 1. terlihat bahwa pada temperatur diatas 25°C aspal A lebih cair dari aspal B, sehingga temperatur yang dibutuhkan oleh aspal A untuk pencampuran dengan agregat lebih rendah dan aspal A dapat dipadatkan dengan baik pada temperatur yang lebih rendah dari aspal B. Sedangkan pada Gambar 2. terlihat bahwa pada temperatur diatas temperatur 60°C aspal C lebih lembek dari aspal D, sehingga temperatur yang dibutuhkan untuk pencampuran menggunakan aspal D akan lebih rendah dibandingkan dengan jika menggunakan aspal C. Tetapi dibawah temperatur 60°C, aspal C lebih keras. Berarti aspal C cepat mengeras dan cepat pula mencair, sehingga waktu pelaksanaan harus lebih pendek, dibandingkan dengan aspal D. Aspal D kurang peka terhadap temperatur dibandingkan dengan aspal C.

### Pemeriksaan Viskositas Aspal

Pemeriksaan viskositas aspal bertujuan untuk memeriksa kekentalan aspal dan dilakukan pada temperatur 60°C dan 135°C. 60°C adalah temperatur maksimal perkerasan selama masa pelayanan, sedangkan 135°C adalah temperatur dimana proses pencampuran atau penyemprotan aspal umumnya dilakukan.

Pemeriksaan viskositas dapat dilakukan dengan 2 metode, yaitu dengan menggunakan *Brookfield Thermosel* dan *Saybolt Furol*. *Brookfield Thermosel* digunakan untuk mengukur viskositas dengan cara torsi pada *spindle* yang berputar pada temperatur tertentu digunakan untuk mengukur ketahanan relatif terhadap perputaran dalam tabung benda uji. Nilai viskositas aspal dalam *milipascal sekon* (MPPa.s) diperoleh dengan mengalikan hasil pembacaan torsi dengan suatu faktor, kemudian dikonversi de dalam satuan *stokes* atau *poise*. Sedangkan kekentalan atau Viskositas absolut pada alat *Saybolt Furol* dinyatakan oleh waktu menetes (dalam detik) yang diperlukan oleh 60 ml benda uji untuk melalui suatu lubang yang telah dikalibrasi, diukur dibawah kondisi

tertentu. Waktu ini kemudian dikoreksi dengan suatu koefisien kalibrasi tertentu dan selanjutnya dilaporkan sebagai nilai Viskositas dari benda uji tersebut pada temperatur tertentu.

### METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, akan dicari hubungan antara viskositas dengan karakteristik *Marshall* dengan cara membuat campuran beraspal panas menggunakan campuran agregat dan aspal tertentu. Campuran beraspal panas tergantung dari komposisinya, maka tahap pertama dalam penelitian ini adalah mencari komposisi agregat yang paling memberikan kondisi terbaik dari segi kriteria *Marshall* dan dihubungkan dengan kadar aspal terbaik. Pada komposisi agregat terbaik dan pada kadar aspal terbaik kemudian dibuat variasi viskositas.

Penelitian dimulai dengan memilih material agregat yang sudah sering digunakan, dalam hal ini menggunakan material dari 2 lokasi yaitu Lolan dan Tateli. Kedua material ini dipilih karena material dari Lolan termasuk agregat yang berpori kecil dan memiliki daya resapan rendah sedangkan material dari Tateli termasuk agregat yang relatif berpori besar dan memiliki daya resapan tinggi. Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70 hasil produk pertamina yang telah tersedia di Laboratorium Perkerasan Material Jalan.

Metode *Marshall* menurut SNI 06-2489-1991 dan *ASSHTO T-245-90* menjadi acuan dalam pemeriksaan material agregat dan aspal untuk mendapatkan komposisi agregat terbaik dan kadar aspal terbaik.

Campuran dari komposisi agregat terbaik dan kadar aspal terbaik yang dipadatkan kemudian dibuat benda uji berdasarkan variasi viskositasnya. Viskositas aspal tergantung temperatur, maka dilakukan variasi terhadap perubahan temperatur atau fluktuasi temperatur. Mengingat viskositas tergantung pada temperatur, maka agregat dan aspal diusahakan mempunyai temperatur pencampuran yang sama, selanjutnya dilakukan percobaan dengan pencampuran komposisi yang sama, kadar aspal yang sama yang kemudian dibuat variasi temperatur yang berkaitan dengan viskositas, dengan temperatur pemadatan 5°C dibawah temperatur pencampuran.

Benda uji yang dibuat kemudian diuji *Marshall* dan diperiksa terhadap banyak tahapan

temperatur kemudian didapatkan hasil uji *Marshall* dari masing-masing variasi benda uji.

Hasil tersebut kemudian dievaluasi atau dianalisis hubungan antara viskositas dengan hasil *Marshall* yang diperoleh kemudian dibuat ringkasan dan kesimpulan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Viskositas Aspal

Dari proses pengujian viskositas, dilakukan beberapa kali pengujian viskositas aspal yaitu dimulai pada temperatur  $120^{\circ}\text{C}$  sampai dengan temperatur  $200^{\circ}\text{C}$  dengan rentang  $15^{\circ}\text{C}$ .

Tabel 1. memperlihatkan hubungan antara temperatur pemanasan aspal dengan viskositas aspal, dimana ada perbandingan terbalik antara temperatur pemanasan aspal dengan viskositas. Pada Gambar 1. terlihat hubungan antara viskositas dan temperatur pemanasan aspal yang disajikan dalam bentuk grafik.

Menurut SNI untuk Manual Konstruksi dan Bangunan, temperatur pemanasan aspal di AMP  $160^{\circ}\text{C}$ , temperatur pencampuran di lapangan  $140^{\circ}\text{C}$ - $150^{\circ}\text{C}$  dan temperatur

pemadatan di lapangan  $120^{\circ}\text{C}$ - $135^{\circ}\text{C}$ . Dalam penerapan di lapangan, temperatur pemadatan adalah  $5^{\circ}\text{C}$  dibawah temperatur pencampuran. Jika temperatur pencampuran  $120^{\circ}\text{C}$  maka temperatur pencampurannya adalah  $115^{\circ}\text{C}$ .

Dari hasil pengujian viskositas yang dilakukan pada beberapa temperatur pemanasan aspal yang berbeda, dibuat masing-masing 3 benda uji untuk tiap variasi viskositas.

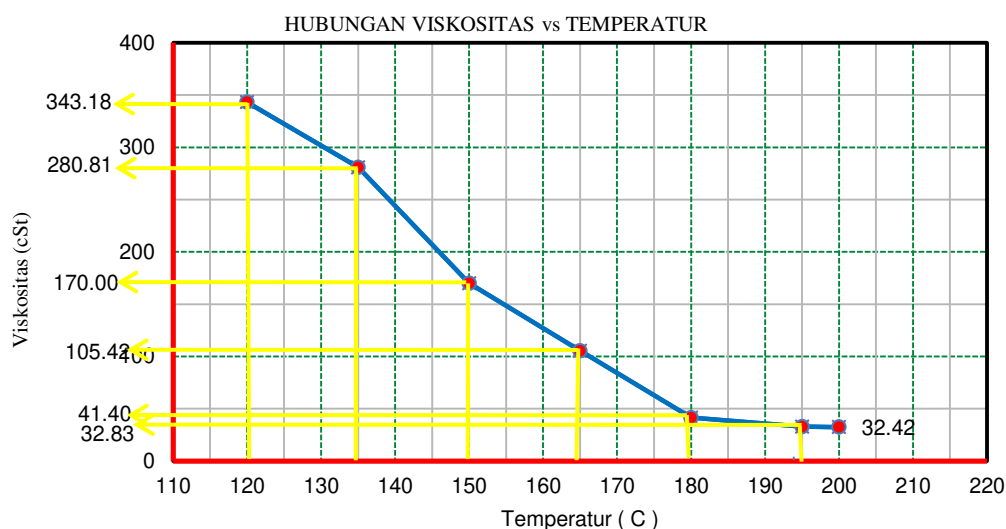
### Campuran dengan Variasi Viskositas Aspal

Setelah mendapatkan kadar aspal terbaik dari kedua material, dilanjutkan dengan membuat campuran dengan menggunakan variasi viskositas aspal. Temperatur yang dicantumkan dalam penelitian ini merupakan temperatur pencampuran, sedangkan untuk temperatur pencampuran adalah  $5^{\circ}\text{C}$  dibawah temperatur pencampuran.

Rekapitulasi hubungan viskositas dengan Stabilitas, *Flow*, *Marshall Quotient (MQ)*, rongga dalam campuran (*VIM*), nilai rongga di antara agregat (*VMA*), dan nilai rongga terisi aspal (*VFB*) diperlihatkan pada Tabel 3 dan 4 pada halaman berikut.

Tabel 1. Hasil Pengujian Viskositas Aspal Pen 60/70

No	Temperatur Pengujian ( $^{\circ}\text{C}$ )	Waktu Alir (detik)	Angka Koreksi	Viskositas Kinematik (cSt)
1	120	157.42	2.180	343.18
2	135	128.81	2.180	280.81
3	150	77.98	2.180	170.00
4	165	48.36	2.180	105.42
5	180	18.99	2.180	41.40
6	195	15.06	2.180	32.83
7	200	14.87	2.180	32.41



Gambar 1. Grafik Hubungan Viskositas vs Temperatur

Tabel 2. Rekapitulasi Data Hasil Pengujian *Marshall* pada Campuran AC-WC dengan Variasi Viskositas Aspal (Lolan)

Viskositas Aspal	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	Marshall Quotient (kg/mm)	VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)
343.18	1220.59	3.01	405.96	8.46	18.45	54.32
280.81	1250.83	3.05	409.66	6.75	16.93	60.17
170.00	1290.98	3.09	417.34	4.99	15.36	67.52
105.42	1302.72	3.23	403.78	4.79	15.18	68.43
41.40	1311.55	3.33	393.47	4.74	15.13	68.70
32.83	1317.05	3.50	375.94	4.70	15.10	68.88
32.41	1320.55	3.57	369.97	4.69	15.09	68.93

Sumber: Hasil Penelitian

Tabel 3. Rekapitulasi Data Hasil Pengujian *Marshall* Pada Campuran AC-WC dengan Variasi Viskositas Aspal (Tateli)

Viskositas Aspal	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	Marshall Quotient (kg/mm)	VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)
343.18	1157.75	3.07	377.12	9.18	19.61	53.20
280.81	1211.05	3.12	388.16	7.38	18.02	59.05
170.00	1239.67	3.16	392.30	4.97	15.88	68.73
105.42	1270.58	3.30	378.88	4.84	15.77	69.32
41.40	1271.23	3.40	374.26	4.75	15.69	69.74
32.83	1282.53	3.57	359.25	4.69	15.64	70.00
32.41	1283.02	3.64	352.48	4.56	15.52	70.62

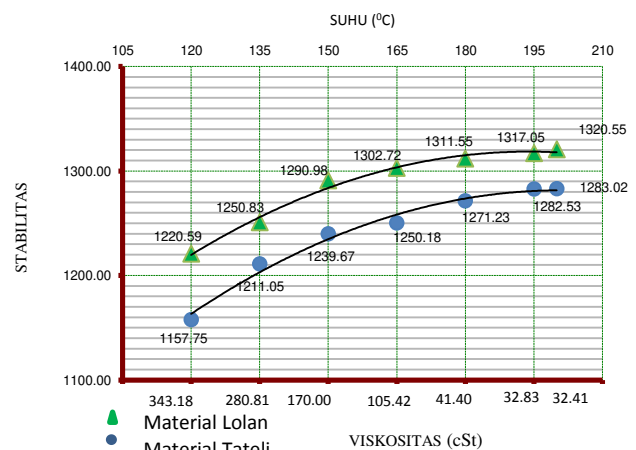
Sumber: Hasil Penelitian

### Hubungan Variasi Viskositas Aspal dengan Parameter Marshall

#### 1. Hubungan antara Viskositas Aspal dengan Stabilitas

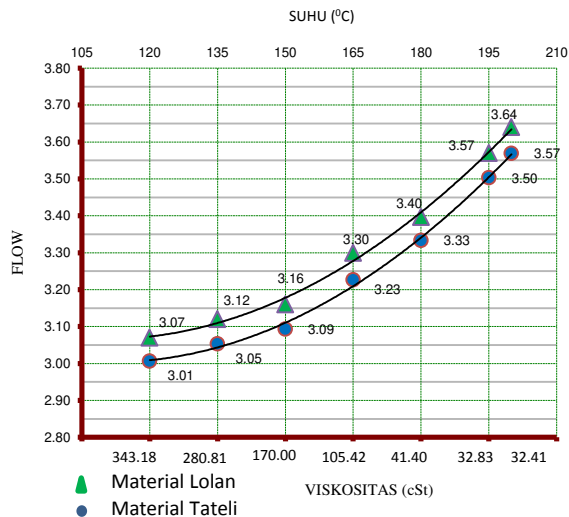
Dari Gambar 2. dapat dilihat bahwa nilai stabilitas material Lolan dan material Tateli cenderung naik seiring dengan berkurangnya viskositas aspal.

Peningkatan stabilitas maksimum berada pada viskositas 170,00 *centiStokes* atau pada temperatur 150°C dan kemudian berangsur-angsur mengalami peningkatan yang kecil seiring berkurangnya viskositas atau pada saat bertambahnya temperatur aspal.

Gambar 2. Hubungan Viskositas dengan Stabilitas  
Sumber: Hasil Penelitian

## 2. Hubungan Viskositas Aspal Dengan *Flow*

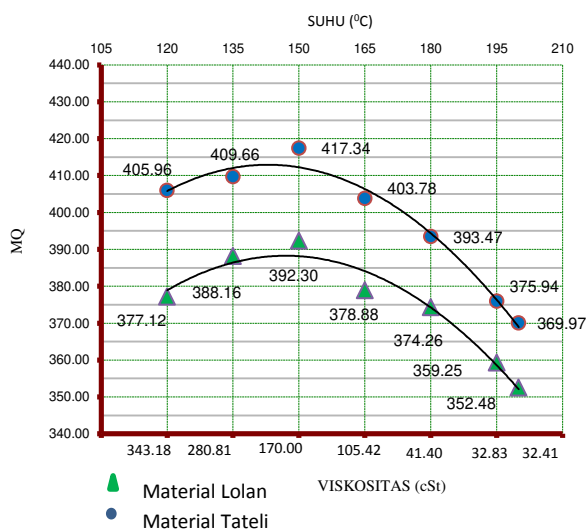
Dari Gambar 3. dapat dilihat bahwa *flow* mengalami peningkatan; dimana semakin rendahnya viskositas atau semakin tingginya temperatur aspal maka nilai *flow* juga meningkat dengan perlahan.



Gambar 3. Hubungan Viskositas dengan Flow  
Sumber: Hasil Penelitian

## 3. Hubungan Viskositas Aspal dengan *Marshall Quotient* (MQ)

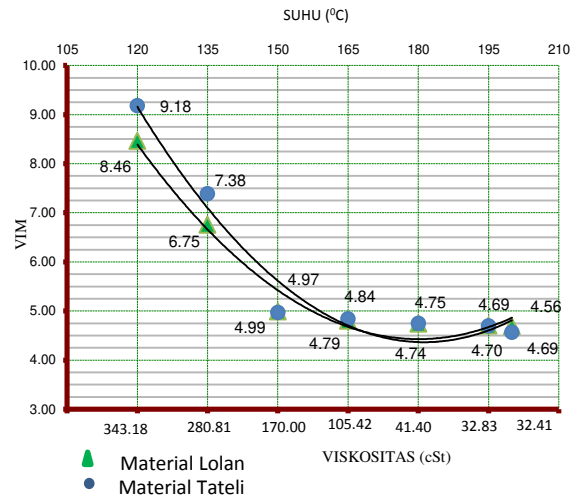
Dari Gambar 4. dapat dilihat bahwa nilai *Marshall Quotient* dari kedua material mengalami titik maksimum pada viskositas 170,00 centiStokes atau pada temperatur aspal 150°C, dan mulai menurun perlahan seiring berkurangnya viskositas.



Gambar 4. Hubungan Viskositas dengan MQ  
Sumber: Hasil Penelitian

## 4. Hubungan Viskositas Aspal dengan VIM

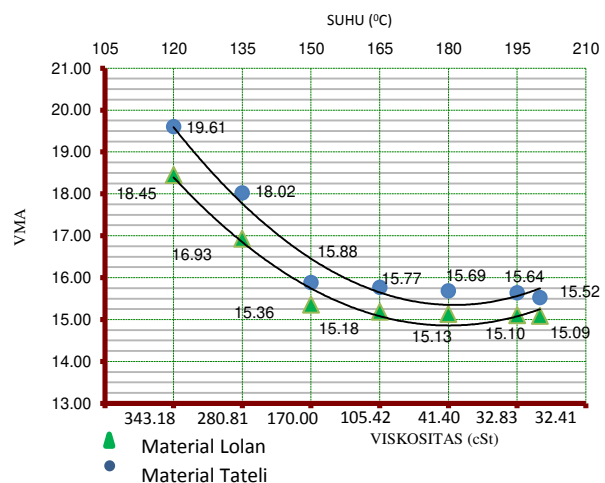
Dari Gambar 5. dapat dilihat bahwa kandungan rongga dalam campuran cenderung lebih rendah seiring dengan berkurangnya viskositas aspal pada masing-masing material. Pada viskositas 170,00 centiStokes nilai VIM menurun, dan seterusnya mengalami penurunan dengan perlahan.



Gambar 5. Hubungan Viskositas dengan VIM  
Sumber: Hasil Penelitian

## 5. Hubungan Viskositas Aspal dengan VMA

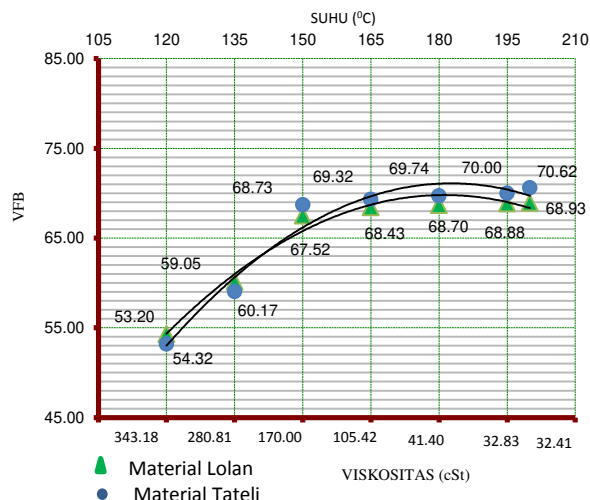
Pada Gambar 6. ditunjukkan bahwa dari hasil penelitian diperoleh kandungan rongga dalam agregat cenderung lebih rendah seiring dengan berkurangnya viskositas aspal pada material Lolan dan juga material Tateli. Pada viskositas 170,00 centiStokes atau pada suhu 150°C nilai VMA mulai menurun secara perlahan.



Gambar 6. Hubungan Viskositas dengan VMA  
Sumber: Hasil Penelitian

## 6. Hubungan Viskositas Aspal dengan VFB

Pada Gambar 7. dapat dilihat bahwa VFB dari kedua material akan cenderung naik sesuai dengan berkurangnya viskositas. Nilai VFB pada viskositas yang tinggi akan lebih besar daripada nilai VFB yang dihasilkan oleh viskositas yang rendah. Pada viskositas 170,00 *centiStokes* nilai VFB mengalami peningkatan maksimum dan pada viskositas 105,42 *centiStokes* nilai VFB mulai konstan.



Gambar 7. Hubungan Viskositas dengan VFB  
Sumber: Hasil Penelitian

2. Semakin rendah viskositas aspal maka stabilitas, *flow* dan VFB yang diperoleh akan cenderung naik dan nilai VIM dan VMA akan cenderung menurun. Pada viskositas 170,00 *centiStokes* yaitu pada suhu pencampuran 150°C dan suhu pemadatan 5°C dibawah suhu pencampuran merupakan viskositas dimana semua karakteristik *Marshall* mengalami titik maksimum.

Campuran beraspal panas dengan viskositas aspal yang besar akan menghasilkan nilai stabilitas, *flow* dan nilai VFB yang rendah dan nilai VIM dan nilai VMA yang tinggi. Sebaliknya campuran beraspal panas dengan viskositas rendah akan menghasilkan nilai stabilitas dan nilai VFB yang tinggi dan nilai VIM dan VMA yang rendah.

## Saran

1. Jika temperatur pemanasan aspal yang menghasilkan viskositas yang baik yaitu pada rentang 41,30*centiStokes*-170,00*centiStokes* telah tercapai, maka harus sesegera mungkin dicampur dan dipadatkan agar viskositasnya tidak naik terlalu jauh dari batasan viskositas pencampuran yang telah ada.
2. Untuk mendapatkan hasil yang optimal pada saat pengerjaannya, batasan viskositas aspal yang digunakan dalam pencampuran yang digunakan minimum 41,30 *centiStokes* dan maksimum 170,00 *centiStokes* atau berkisar antara temperatur 150°C-180°C. Pemanasan aspal pada pada viskositas 32,83 *centiStokes* (atau pada temperatur 195°C) dan pada viskositas 32,41 *centiStokes* (atau pada temperatur 200°C) tidak disarankan karena hampir mencapai titik nyala dan titik bakar aspal yang akan mengakibatkan rusaknya aspal sebelum dicampur.
3. Perlu diadakan penelitian lanjutan yang mengkaji tentang pengaruh variasi temperatur pencampuran dan pemadatan terhadap viskositas aspal pada campuran beraspal panas.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Batasan viskositas pencampuran yang baik berada pada rentang viskositas 41,40*centiStokes*-170,00*centiStokes* atau pada temperatur 150°C-180°C dan temperatur pemadatan pada suhu 5°C dibawah temperatur pencampuran. Hasil ini sudah sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 2012, dimana dikatakan bahwa viskositas pada temperatur 135°C adalah  $\leq 300$  *centiStokes*.

## DAFTAR PUSTAKA

- BALITBANG-PU dan Direktorat Jenderal Bina Marga, 2007. Modul, *Training Of Trainer (TOT)*, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2010. *Spesifikasi Umum*., Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Laboratorium Rekayasa Jalan Jurusan Teknik Sipil ITB, 2001. *Buku Besar*, Bandung.



SNI 03-6441-2000. *Viskositas Brookfield*, BSNi, Jakarta.

SNI 06-6721-2002. *Saybolt Viscosity*, BSNi, Jakarta.

SNI. 2010. *Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas*, BSNi, Jakarta.

Sukirman S., 1992. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung.

Tayuyung, Jumiatty, *Kajian Laboratorium Pengaruh Temperatur Pemadatan Lasbutag Campuran Panas*, Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Tumbelaka, Hence Rudolf., *Pengaruh Temperatur Pemadatan terhadap Karakteristik Campuran HRS-WC*, Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Yechika Chisilia, *Pengaruh Variasi Suhu Aspal dan Suhu Agregat pada Saat Pencampuran untuk Jenis Campuran AC-WC*, Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado.